

(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

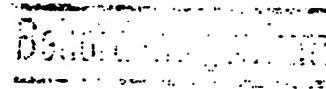


DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(11) **DE 3542614 A1**

(51) Int. Cl. 4:
G 02 B 6/12

(21) Aktenzeichen: P 35 42 614.4
(22) Anmeldetag: 3. 12. 85
(43) Offenlegungstag: 4. 6. 87



(71) Anmelder:

Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 6000 Frankfurt,
DE

(72) Erfinder:

Hillerich, Bernd, Dipl.-Phys., 7900 Ulm, DE; Weidel,
Edgar, Dipl.-Phys., 7913 Senden, DE

(54) **Verfahren zur Dämpfung von optischen Substratwellen in einem integriert optischen Bauelement**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Dämpfung von optischen Substratwellen in einem integriert optischen Bauelement. Dieses wird erreicht durch Aufbringen einer Metallisierung mit niedriger Reflektanz auf die Ober- und/oder Unterseite des Bauelementes.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Dämpfung von optischen Substratwellen in einem integriert optischen Bauelement, bei welchem auf die Ober- und/oder Unterseite des Bauelementes eine lichtabsorbierende Schicht aufgebracht wird, dadurch gekennzeichnet, daß die lichtabsorbierende Schicht als Metallisierung (10) ausgebildet wird, die einen komplexen Brechungsindex besitzt, bei welchem der Realteil und der Imaginärteil einen möglichst hohen Wert annehmen für die Wellenlänge der zu dämpfenden Substratwellen (9).

2. Verfahren zur Dämpfung von optischen Substratwellen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallisierung (10) als metallische Schicht aufgebracht wird und/oder daß in die Ober- und/oder Unterseite des Bauelementes metallisches Material eingelagert wird.

3. Verfahren zur Dämpfung von optischen Substratwellen nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ober- und/oder Unterseite des Bauelementes vor dem Metallisieren derart ausgerautet und/oder gewellt wird, daß nach mindestens einer Reflexion an der Metallisierung (10) Substratwellen (9) mit einem möglichst kleinen Reflexionswinkel (β) entstehen und/oder zumindest teilweise in Kernwellen umgewandelt werden (Fig. 3).

4. Verfahren zur Dämpfung von optischen Substratwellen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Metallisieren mindestens eine konische Verjüngung und/oder Einkerbung in dem Substrat durchgeführt wird derart, daß eine Reflexion der Substratwellen an der Verjüngung und/oder Einkerbung zu einem kleineren Reflexionswinkel führt und dadurch zumindest eine teilweise Absorption der Substratwellen (9) in der Metallisierung (10) ermöglicht (Fig. 2).

5. Verfahren zur Dämpfung von optischen Substratwellen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Metallisierung (10) zumindest eines der Metalle Titan oder Chrom verwendet wird.

6. Verfahren zur Dämpfung von optischen Substratwellen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Aufbringen der Metallisierung (10) mindestens eine Kante des Substrates (5) derart abgeschrägt wird, daß die Substratwellen (9) einen sich fortlaufend verkleinernden Reflexionswinkel (β) erhalten und dadurch in der Metallisierung (10) absorbiert werden (Fig. 4).

7. Verfahren zur Dämpfung von optischen Substratwellen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallisierung (10) durch Diffusion und/oder Ionenimplantation in die Ober- und/oder Unterseite des Bauelementes eingelagert wird.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Dämpfung von optischen Substratwellen in einem integriert optischen Bauelement nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Die Erfindung betrifft insbesondere die Dämpfung

von Streulicht und/oder optischen Substratwellen in im wesentlichen planaren integriert optischen Bauelementen, z.B. Kopplern, Schaltern, Multiplexern.

Als Beispiel ist in Fig. 1 die Kopplung zwischen einem 5 faseroptischen Einzel-Lichtwellenleiter 1, z.B. einem Quarzglas-Lichtwellenleiter, und einem im wesentlichen planaren integriert optischen Bauelement 2 dargestellt.

Der Lichtwellenleiter 1 besteht aus einem lichtführenden Kern 3 und einen diesen umgebenden Mantel 4. Das 10 Bauelement 2 besteht aus einem Substrat 5, in das optische Wellenleiter 6 allseitig eingebettet sind. Das Substrat 5 sowie die Wellenleiter 6 bestehen aus einem Material, das entsprechend der verwendeten Lichtwellenlänge gewählt ist. Geeignete Materialien sind z.B. 15 Quarzglas, Lithiumniobat oder Halbleitermaterialien wie GaAs oder InP. Derartige Bauelemente haben Länge- und Breitenabmessungen, die z.B. im Bereich von einigen Millimetern bis einigen Zentimetern liegen, die Dicke beträgt z.B. ungefähr einen Millimeter.

20 Die Wellenleiter 6 haben Querschnittsflächen, deren Durchmesser bzw. Höhen sowie Breiten im Bereich von 1 μm bis 100 μm liegen.

Es ist nun erwünscht, daß beispielsweise in dem Lichtwellenleiter 1 im Kern 3 geführtes Licht 7 möglichst 25 verlustfrei in den Wellenleiter 6 eingekoppelt wird. Hat nun dieser z.B. eine von dem Lichtwellenleiter 1 abweichende Querschnittsfläche, so entstehen in dem Bauelement 2 in der dargestellten Weise im Wellenleiter geführtes Licht 8 sowie störende Substratwellen 9.

Derartige Substratwellen 9 und/oder Streulicht entstehen weiterhin bei der nicht vollständigen Überkopplung von Strahlung aus optischen Sendern wie z.B. Halbleiterlasern in die Wellenleiter des Bauelementes, bei Knicken und Krümmungen von Wellenleitern, an 35 Störstellen und Streuzentren der Wellenleiter, an Kopplern und Modulatoren usw., d.h. an allen Stellen innerhalb eines integriert optischen Bauelementes, an denen die in den Wellenleitern geführten Wellen Verluste erleiden. Die Substratwellen 9 pflanzen sich fort durch

40 Reflexion an der Oberseite und/oder Unterseite des in dem integriert optischen Bauelement enthaltenden Substrates 5 bzw. an den Endflächen. Diese Substratwellen 9 sind für die meisten integriert optischen Bauelemente unerwünscht, denn sie verschlechtern den Nutzsignal/Störsignal-Abstand und verursachen störendes Übersprechen. In Extremfällen kann die Gesamtleistung der Substratwellen 9 sogar über der in den Wellenleiter 6 geführten optischen Leistung liegen.

Eine Dämpfung der störenden Substratwellen 9 ist 50 möglich durch Beschichten der Außenfläche des Substrates 5 mit lichtabsorbierender Farbe und/oder Lack oder durch Einbetten des Substrates in ein optisches Medium, welches die gleiche Brechzahl besitzt und welches möglichst hohe optische Verluste besitzt für das zu übertragende Licht. Geeignete derartige Farben, Lacke und/oder optische Medien enthalten organische Stoffe, bei denen sich in nachteiliger Weise im Laufe der Zeit die Funktionsfähigkeit verringert, z.B. durch Alterung. Dadurch verringert sich z.B. die Temperaturfestigkeit, 55 die Gasdichtigkeit, insbesondere die Dichtigkeit gegen Wasserdampf, sowie die Haftung dieser Stoffe auf dem Substrat.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein 60 gattungsgemäßes Verfahren anzugeben, das in kostengünstiger und zuverlässiger Weise eine möglichst hohe Unterdrückung störender Substratwellen ermöglicht und das insbesondere eine Alterungsbeständigkeit besitzt.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Ausgestaltungen und/oder Weiterbildungen sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Ein erster Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die aufgebrachte Metallisierung lediglich eine vernachlässigbare Schichtdicke besitzt, so daß die Dicke des Substrates im wesentlichen erhalten bleibt.

Ein zweiter Vorteil besteht darin, daß für die Metallisierung sehr korrosionsbeständige Metalle verwendbar sind, so daß insbesondere ein störendes Eindringen von Wasser in das Substrat vermieden wird.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert unter Bezugnahme auf weitere schematische Figuren.

Die Fig. 2 bis 4 zeigen schematisch dargestellte Querschnitte durch Ausführungsbeispiele.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, die Außenfläche des Substrates 5 derart zu metallisieren, daß eine verlustbehaftete Reflexion der Substratwellen 9 an der Grenzfläche Substrat/Metallisierung entsteht.

Das Reflexionsverhalten von Metallen wird durch die Fresnelschen Formeln beschrieben, wobei der Brechungsindex n des Metalls als komplexe Zahl $n = n_1 + i k_1$ einzusetzen ist (siehe z.B. "Advanced optical techniques", edited by A.C.S. van Heel, North Holland publishing Co, Seiten 149ff.) Für die erwünschte hohe Dämpfung der Substratwellen 9 ist es erforderlich, daß der Realteil n_1 und der Imaginärteil k_1 des Brechungsindeks einen möglichst großen Wert besitzen. Dieses ist in der deutschen Patentanmeldung näher erläutert, die zeitgleich mit dieser Patentanmeldung angemeldet ist und die das interne Aktenzeichen UL 85/133 besitzt.

Die Dämpfung der störenden Substratwellen 9 beruht nun darauf, die Reflexion an den nicht zur Einkopplung und Auskopplung benutzten Grenzflächen des integrierten optischen Bauelements durch eine geeignete teilweise oder vollständige Metallbeschichtung zu verschlechtern. Als Metalle eignen sich hierfür diejenigen, deren komplexe Brechzahl $n = n_1 + i k_1$ sowohl einen großen Realteil n_1 als auch einen großen Imaginärteil k_1 besitzen, wie z.B. Titan mit $n_1 = 3,67$ und $k_1 = 4,37$ bei einer Lichtwellenlänge von $1,4 \mu\text{m}$. Bei dieser Wellenlänge besitzt das Metall Chrom die Werte $n_1 = 3,69$ und $k_1 = 3,84$.

Da die Dämpfung der Substratwellen 9 ungefähr mit dem Quadrat des Winkels α (Fig. 1) bezüglich der Ausbreitungsrichtung steigt (einerseits nimmt die Zahl der Reflexionen mit α linear zu, andererseits nimmt der Reflexionsfaktor annähernd linear mit α zu), ist es vorteilhaft, Substratwellen mit niedrigen α in solche mit möglichst großem α zu transformieren. Dieses wird anhand der folgenden Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch ein planares optisches Bauelement 2 mit einer Dicke von ungefähr 1 mm. In die Unterseite des Substrates 5 z.B. Quarzglas, wurde zunächst durch z.B. einen Schleifvorgang eine grabenförmige Vertiefung 11 angebracht, deren Längsrichtung im wesentlichen senkrecht zur Längsrichtung der Wellenleiter 6 verläuft und deren Querschnitt im wesentlichen sägezahnförmig ausgebildet ist. Die Vertiefung 11 besitzt eine Breite b von ungefähr 2 mm und eine maximale Tiefe von ungefähr 0,5 mm. Anschließend wird auf die gesamte Ober- und Unterseite, einschließlich der Vertiefung 11, eine Metallisierung 10 aufgebracht, z.B. eine ungefähr $0,1 \mu\text{m}$ dicke Titanschicht. Die zunächst einen kleinen Winkel α besitzenden Substratwellen 9 werden in der dargestellten Weise durch die Vertiefung

11 in Substratwellen transformiert, die einen großen Winkel α besitzen. Bei einem großen Winkel α erniedrigt sich jedoch die Reflektanz der Metallisierung 10, so daß die Substratwellen 9 stärker absorbiert werden.

5 Dieser Vorgang ist in der bereits erwähnten deutschen Patentanmeldung mit dem internen Aktenzeichen UL 85/133 näher erläutert. Für die Metallisierung 10 ist alternativ auch eine ungefähr $0,1 \mu\text{m}$ dicke Metallschicht aus Chrom benutzbar. Das Aufbringen der Metallisierung 10 erfolgt z.B. durch Aufdampfen des Metalls im Vakuum. Außerdem ist es möglich, in die Ober- und Unterseite des Substrates 5 Metall, z.B. Chrom, Titan, Silber, einzubringen, z.B. durch ein Ionenimplantations- und/oder Diffusionsverfahren, dabei entsteht eine mit 15 Metall angereicherte Schicht mit einer Dicke von ungefähr $10 \mu\text{m}$.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei welchem die Ober- und Unterseite des Substrates 5 vor dem Aufbringen der Metallisierung 10 aufgerautet wurde. Dabei beträgt die mittlere Rauhtiefe ungefähr $5 \mu\text{m}$. Es ist außerdem möglich, auf der Ober- und Unterseite zusätzlich eine Welligkeit von ungefähr $50 \mu\text{m}$ zu erzeugen. Danach erfolgt eine vorstehend beschriebene Metallisierung 10. Durch diese Maßnahmen ist ebenfalls eine 25 Transformation des Winkels möglich, so daß die Reflektanz erniedrigt wird und dadurch die störenden Substratwellen 9 gedämpft werden.

Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei welchem vor dem Aufbringen der Metallisierung der Randbereich 30 des Substrates 5 verjüngt wurde, z.B. auf einer Breite b von ungefähr 2 mm. Dadurch wird der Winkel α ebenfalls vergrößert und störende Substratwellen 9 gedämpft.

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern sinngemäß auf weitere anwendbar. Beispielsweise ist es möglich, die Dämpfungsmaßnahmen gemäß den Fig. 2 bis 4 zu kombinieren.

1/1

